

PCT/DK 00/00162



REC'D 12 MAY 2000

WIPO

PCT

# Kongeriget Danmark

Patent application No.: PA 1999 00451

Date of filing: 31 March 1999

Applicant: Bonus Energy A/S,  
Fabriksvej 4,  
DK-7330 Brande

This is to certify the correctness of the following information:

The attached photocopy is a true copy of the following document:

- The specification, claims, abstract and drawings as filed with the application on the filing date indicated above.



Patent- og  
Varemærkestyrelsen  
Erhvervsministeriet

Taastrup 17 April 2000

  
Karin Schlichting  
Head Clerk

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

31/03/99

17:37

PATRADE

NR. 425

DØ2

Modtaget PD

31 MRS. 1999

Vor ref. 9629DK

31.03.1999/SA

BONUS ENERGY A/S, FABRIKSVEJ 4, DK-7330 BRANDE

GENERATOR, STATORMODUL TIL SÅDAN GENERATOR  
OG ANVENDELSE AF SÅDAN GENERATOR I EN VINDMØLLE

Opfindelsen angår en generator til en vindmølle af den type, der drives direkte af vindmøllens rotor uden gear monteret mellem rotoren og generatoren. Opfindelsen angår også et statormodul til en sådan generator samt en anvendelse af en sådan generator i en vindmølle.

5

Det er kendt, at det normalt er nødvendigt at indskyde et fartforøgende gear mellem en vindmøllens rotor og dens generator. Rotorens omløbshastighed er for store vindmøller af størrelsesordenen 20 o/min, mens en normal 4-polet generator har et synkront omløbstal på 1500 o/min. Et passende fartforøgende gear vil således have et udvekslingsforhold på 1:75.

10

Det er kendt, at det fartforøgende hovedgear på en vindmølle udgør en væsentlig del af kostprisen, og at det i øvrigt er en forholdsvis sårbar hovedkomponent. Ved eventuelle skader vil det i mange tilfælde være nødvendigt at afmontere gearet for reparation. I betragtning af, at gearet til en vindmølle i 2 MW klassen har en vægt på op mod 15 tons, og at det er monteret i en maskine, der er anbragt på et tårn med en højde på 60-100 m, er det indlysende, at sådan udskiftning kan være meget bekostelig.

15

Risikoen for, at der løber betydelige udgifter på ved eventuel udskiftning, bliver mangedoblet, hvis store vindmøller opstilles til havs. Håndtering af vægte på 15 tons eller mere i 60-100 m højde kan kun udføres med meget store flydekraner eller meget store mobilkraner anbragt på store pramme. Arbejde med den slags udstyr på åbent hav kan kun udføres under gode vejrforhold. Der kan derfor være perioder af måneders varighed om vinteren, hvor det ikke kan lade sig gøre at udskifte et beskadiget gear.

20

Generatoren selv er også en tung hovedkomponent, typisk med en vægt på 5 tons ved 2 MW mærkeeffekt. Ligesom ved gearet kan det ikke undgås, at der vil være en vis risiko for havari på generatoren. Forholdene ved udskiftning af denne er lige så ugunstige som for gearet.

25

Det er også kendt, at der findes gearløse transmissionssystemer til vindmøller, hvor gear og generator erstattes af en langsomtløbende, mangepolet generator. En sådan

## 2

direkte drevet generator kan udføres som en synkrongenerator med viklet rotor eller med permanente magneter, eller den kan udføres som alternative typer generatorer. Fælles for direkte drevne, mangepolede generatorer er, at deres dimensioner er store. Luftspaltdiameteren ved 2 MW mærkeeffekt kan f.eks. være af størrelsesordenen 5 m ved en udførelse med viklet rotor, og lidt mindre ved en udførelse med permanent magnetiseret rotor.

Med en direkte drevet, mangepolet generator bliver gearet overflødigt. Det vil som regel være nødvendigt at indskyde en frekvensomformer mellem generatoren og nettet, da det er vanskeligt at opnå et polantal svarende til , netfrekvensen, f.eks. 50 Hz ved nominelt omløbstal. Derfor genererer mangepolede generatorer normalt vekselstrøm med en noget lavere frekvens, f.eks. 20 Hz, hvorved antallet af poler kan reduceres til 2/5, og der bliver derved bedre plads til spoleviklingerne. Selv om frekvensomformeren udgør en forøget kompleksitet i forhold til et generatorsystem, hvor generatoren er koblet direkte til nettet, kan man anlægge den vurdering, at reduktionen i kompleksitet ved bortfaldet af hovedgearet mere end opvejer dette.

En væsentlig ulempe ved en direkte drevet, mangepolet generator er de fysiske dimensioner. Med en luftspaltdiameter på 5 m bliver yderdiameteren af størrelsesordenen 6 m, og egenvægten bliver omtrent som egenvægten af de komponenter, der erstattes, d.v.s. gear og normal generator, altså 20 tons eller mere. Den store yderdiameter vanskeliggør transport, og egenvægten gør ikke problemet med udskiftning for reparation ved eventuelle havarier mindre.

En yderligere vanskelighed opstår i de normale konfigurationer med mangepolede generatorer, hvor generatoren er anbragt mellem rotoren og tårnet for at give en kompakt maskinkonstruktion. Her vil det oven i købet være nødvendigt at afmontere hele rotoren ved eventuel demontage af generatoren.

Formålet med den foreliggende opfindelse er at tilvejebringe en konfiguration af en direkte drevet, mangepolet generator i en vindmølle, som reducerer de ulemper, der er

forbundet med kendte konfigurationer af sådanne generatorer, og som gør det nemmere at montere og reparere statoren på en generator.

5 Dette formål opnås med en generator, der er kendetegnet ved, at i det mindste generatorens stator er udført med mindst to moduler, og at de mindst to moduler kan monteres og afmonteres uafhængigt af hinanden et eller flere ad gangen.

10 Ved at benytte en konfiguration som beskrevet i opfindelsen, opnås en række fordele i forhold til den kendte teknik. De fordele, som en direkte drevet, mangepolet generator har i forhold til mere konventionelle transmissionssystemer med gear og standardgenerator, bevares i opfindelsen.

15 Ved at udføre statorens elektrisk aktive del i moduler, der hver har den fornødne tæthedegrad (typisk ønskes tæthed svarende til IP54), kan den strukturelle del af statorhuset udføres med en yderdiameter, der er af størrelsesorden som luftspaltdiameteren. Herved reduceres yderdiameteren af den del af statoren, der normalt skal være monteret ved transport af vindmøllen til opstillingsstedet, til det minimum, der fastlægges af luftspalten. Under hensyntagen til transporten, er der en væsentlig fordel i at have den mindst mulige yderdiameter. Statorens viklingsmoduler skal da eftermonteres på opstillingsstedet.

20 Ved at udføre viklingen i moduler, bliver pladsbehovet og kompleksiteten i viklingen reduceret meget betydeligt. Statormodulerne kan udføres i serieproduktion, og de enkelte moduler kan under bekvemme forhold gøres færdig med tætning, klemkasse m.v.. Risikoen bliver derfor meget mindre for viklingsskader, der forårsages af håndtering under vanskelige adgangsforhold i en stor konstruktion.

25 Et statormodul ifølge opfindelsen er kendetegnet ved, at statormodulet er bestemt til at udgøre en del af en hel stator, og at statormodulet er indeholdt i en indkapsling med dimensioner svarende til en given ønsket kapslingsgrad.

Ved at udføre statormodulerne med den fornødne tætning, så de kan påmonteres og afmonteres in situ, opnås en meget væsentlig fordel ved eventuelle skader. Skader på en generatorvikling opstår normalt ved et initialt overslag på ét lokaliseret sted, f.eks. på grund af tilfældige isolationsskader, fugt eller lignende. På grund af de store energimængder, der frigives ved en afbrænding, får skaden imidlertid typisk mere generelle virkninger på hele viklingen i en standardgenerator. Store dele af viklingen kan skades ved afsmeltning, andre termiske effekter og tilsodning. Det er derfor normal praksis, at hele viklingen udskiftes, når der optræder en skade. I den modulopbyggede generator vil skaden derimod normalt kunne begrænses til netop det modul, hvor det initiale overslag forekom. Det er således ikke nødvendigt at hele viklingen afmonteres, idet reparationen kan begrænses til det(de) pågældende modul(er).

I selve håndteringen opnås også meget væsentlige fordele. Det enkelte modul vil nemlig have en vægt, der er meget mindre end vægten af den komplette generator, og også meget mindre end vægten af et normalt gear eller en normal generator. Ved en direkte drevet, mangepolet generator med en vægt på 20 tons, kan modulerne bekvemt udføres i et antal, så de hver får en vægt på f.eks. 500 kg. Med en vægt af denne størrelsesorden kan modulerne udskiftes enkeltvis af nogle få montører med hjælp af en lille indbygget kran.

Fordelen er navnlig væsentlig, hvor store vindmøller opstilles til havs. De meget store flydekraner eller meget store mobilkraner anbragt på store pramme, der er nødvendige ved reparationsarbejder på kendte transmissionssystemer og generatorer, kan helt undgås, hvad enten disse er konventionelle med gear og standardgenerator, eller er med direkte drevne, mangepoledede generatorer. Eneste forudsætning for reparation er, at det er muligt at få servicepersonale ud på møllen. Udskiftede generatormoduler kan fires ned med en lille indbygget kran, og modulerne kan sejles til og fra vindmøllen på en normal servicebåd. Der kan endda opbevares et antal generatormoduler i mølletoppen som reservedele, hvorved nedfiring og søtransport kan udskydes til perioder med gunstige vejrforhold.

Figur 2 viser en vindmølle udført jævnfør opfindelsen. Hovedakslen 8 er båret af et forreste hovedleje 9 og et bageste hovedleje 10. Hovedakslen har bagest en klembøsning 11 som flange. Generatoren 12 har en aksel 13, som er båret af hovedakslens flange 11.

Figur 3 viser et længdesnit af generatoren i forstørrelse. Generatorakslen 14 bærer rotorens struktur 15, som på sin periferi har rotorbladet 16 og de permanente magneter 17. Statorhuset 18 er båret af generatorlejerne 19 og har på sin periferi statormodulerne 20.

Figur 4 viser et længdesnit af statoren i større forstørrelse. Statorhuset 21 er ved en boltesamling (ikke vist) forbundet til statormodulet 22. Statormodulet har en kapsling 23 omkring statorbladet 24 og statorviklingen 25. I den viste udgave er generatoren udført med et statorhus, der har en ydre diameter  $d$ , som er præcis den samme som en yderdiameter som rotoren. Statormodulet er monteret således at statormodulet danner en indre diameter  $D$ , der er større end den ydre diameter  $d$  af rotoren og af statorhuset. En luftspalte  $A$  kan let justeres f.eks. ved hjælp af justeringsmidler, i den viste udførelsesform ved hjælp af shims 26, i samlingen mellem statorhus og statormodul, og eventuelle dimensionsafvigelser i statormodulet kan derved kompenseres.

Figur 5 viser et tværsnit af statoren i udsnit. Den enkelte pol 27 har en vikling 28, og er beskyttet af kapslingen 29. Den enkelte rotorpol 30 har en permanent magnet 31. I rotorens struktur er udskåret mandehuller 32 til bekvem passage af generatoren.

Figur 6 viser den komplette generator set fra hovedakseliden. Et af statormodulerne 33 er vist afmonteret. De øvrige statormoduler sidder på deres respektive plads på statorhuset 34. Mandehuller 35 sikrer mulighed for gennemgang uanset rotorens stilling. Beslag for drejningsmomentstøtter 36 er anbragt i samme antal som statormodulerne, hvorved generatorens stator kan fastgøres til lodret nedfiring af hvert enkelt modul.

Ved at udføre generatoren i en akselmonteret udgave, hvor drejningsmomentet optages i nogle specifikke punkter af momentstøtter, kan der opnås den fordel, at generatorens stator kan drejes til den mest optimale stilling ved reparationsarbejder. Montage og demontage af moduler kan derfor ske i én bestemt position, uanset hvor på generatoren det enkelte modul er anbragt, når generatoren er i sin normale driftstilling. Eksempelvis kan generatorens stator drejes, så det modul, der skal udskiftes, vender ned-

5 efter og derfor umiddelbart kan fires ned gennem en lem i bunden af vindmøllens kabine.

10 I det følgende beskrives opfindelsen nærmere, idet der henvises til tegningen, hvor

fig. 1 er en afbildning af en kendt type møllehat på en vindmølle,

fig. 2 er en afbildning af en udførelsesform for en møllehat på en vindmølle med en generator ifølge opfindelsen,

15 fig. 3 er en detailafbildning af en generator ifølge opfindelsen set vinkelret på en akse for generatoren,

fig. 4 er en yderligere detailafbildning af en generator ifølge opfindelsen,

fig. 5 er en detailafbildning af en generator ifølge opfindelsen set parallelt med en akse for generatoren,

20 fig. 6 er en anden detailafbildning af en generator ifølge opfindelsen, og

fig. 7 er en afbildning af et udførelsesform for et statormodul ifølge opfindelsen.

Generatoren er i den udførelse, der vises i figurene, med 120 poler i 24 statormoduler. Generatoren er permanent magnetiseret. Andre udførelser, herunder med såvel børsteløs som slæberingsmagnetisering af en viklet rotor, vil også være egnede. Det kan her

25 være relevant at udføre en viklet rotor, så også rotoren har moduler. En sådan særlig udførelse beskrives ikke nøjere her.

Figur 1 viser en kendt vindmølle i normal udførelse, med gear og standardgenerator.

30 Rotorens vinger 1 er monteret på møllenavet 2, der er fastgjort til hovedakslen 3. Hovedakslen bæres af et hovedleje 4 forrest og af gearet 5 bagest. Med en elastisk kobling 6 er gearet forbundet til generatoren 7.



Den elektriske statormodule og er ikke vist på figuren. Den kan f.eks. etableres der monteres én central klemkasse på statorhuset, og at der fra en statormodul trækkes et isoleret trefaset kabel fra statormodulet til kasse. Alternativt kan etableres en forbindelsesform med tre faseringer centrisk om hovedakslen på den ene side af statorhuset under passage de tre faseringer trækkes isolerede trefasede kabler radielt til de tre klemkasser, og på faseringene monteres direkte hovedkablerne til frekvensomformerer eller direkte til nettet.

10. Hvis udførelse lokalt på generatoren vil det være bekvemt at udføre hovedstator med et vist slæk, som kan optage de forskydninger, der vil ved hvert statormodul og en central klemkasse, hvis generatoren skal for udskiftning af et eller flere statormoduler. Slækket i eventuel stator kan kun drejes en halv omgang med eller mod afhængende af et lodret plan, at statormodulet befinder sig, som udskift

Figur 7 viser tværsnit og endebillede. Polen 37 har sin vikling 38 og beskyttet 39. Det samlede modul 40 fremtræder helt indkapslet.

31 MRS. 1999

8

## PATENTKRAV

1. Generator til en vindmølle af den type, der drives direkte af vindmøllens rotor uden gear monteret mellem rotoren og generatoren, k e n d e t e g n e t v e d, at i  
5 det mindste generatorens stator er udført med mindst to moduler, og at de mindst to moduler kan monteres og afmonteres uafhængigt af hinanden et eller flere ad gangen.
2. Generator til en vindmølle ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t v e d, at det enkelte  
10 statormodul individuelt er indeholdt i en indkapsling, og at hver indkapsling i det væsentlige har dimensioner svarende til en given kapslingsgrad, der ønskes i den færdige generator.
3. Generator til en vindmølle ifølge krav 1 eller krav 2, k e n d e t e g n e t v e d, at  
15 det enkelte statormodul er fastgjort til en statorstruktur, der har en ydre periferi med ydre diameter, som ikke er væsentligt større end diameteren af generatorens luftspalte.
4. Generator til en vindmølle ifølge ethvert af kravene 1-3, k e n d e t e g n e t v e d,  
20 at generatoren er monteret på en aksel, og at statoren under montage- og reparationsarbejder kan drejes i forhold til vindmøllens hovedaksel, uden at dette kræver væsentlig demontage af andre dele end generatorens momentunderstøtning.
5. Generator til en vindmølle ifølge krav 4, k e n d e t e g n e t v e d, at statoren?  
25 under montage- og reparationsarbejder kan drejes i forhold til akslen på en sådan måde, at det enkelte statormodul ved montering og afmontering kan fires i det væsentlige lodret op efter og ned efter til jord- eller havoverfladen.

30

6. Generator til vindmølle ifølge ethvert af de forgående krav, k e n d e t e g n e t ved, at statoren omfatter mellem 8 og 48 moduler, fortrinsvis 24 moduler, at hvert modul er indeholdt i en indkapsling, og at et givet antal sidestillede indkapslinger, der er i anlæg med hinanden, danner en lukket ring af statormoduler.
- 5
7. Generator til vindmølle ifølge krav 6, k e n d e t e g n e t ved, at de sidestillede indkapslinger har en indre flade, der vender indefter mod rotoren, og som danner den indre periferi for statoren, at den indre periferi af statoren er cirkulær, at rotoren har en ydre periferi, der ligeledes er cirkulær, og at luftspalten mellem den ydre periferi af rotoren og den indre periferi af statoren i det væsentlige har en konstant bredde på mellem 2 mm og 10 mm, fortrinsvis på 5 mm.
- 10
8. Generator til vindmølle ifølge ethvert af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at bredden af luftspalten mellem rotoren og statoren kan reguleres individuelt for hvert statormodul og uafhængigt af hinanden ved hjælp af dertil egnede reguleringsmidler, f.eks. shims, ved at en afstand reguleres mellem en ydre periferi af statorstrukturen og en indre periferi af et givet statormodul.
- 15
9. Statormodel til brug i generator ifølge ethvert af de foregående krav, hvilket statormodul omfatter et antal poler og et antal viklinger omkring poleme, k e n d e t e g n e t ved, at statormodulet er bestemt til at udgøre en del af en hel stator, og at statormodulet er indeholdt i en indkapsling med dimensioner svarende til en given ønsket kapslingsgrad.
- 20
10. Anvendelse i en vindmølle af en generator ifølge ethvert af de foregående krav.
- 25

31 MRS. 1999

10

**SAMMENDRAG**

Opfindelsen angår en generator til en vindmølle. Generatoren er af den type, der er direkte koblet til hovedakslen for vindroteren på vindmøllen. Generatoren har en stator, der består af et antal statormoduler, der er individuelle og som kan monteres, repareres og afmonteres individuelt og uafhængigt af hinanden. Det medfører at det er meget nemt og dermed billigere at montere møllen, specielt til havs, idet statoren til generatoren kan transporteres i mindre enheder, hvilket også gør det nemmere at samle statoren i møllehatten. Ved efterfølgende reparationer og anden vedligeholdelse af generatoren er det heller ikke nødvendigt at anvende store kraner, men tilstrækkeligt at anvende mindre hejseanordninger, der kan håndteres af en til to mand.

Fig. 6

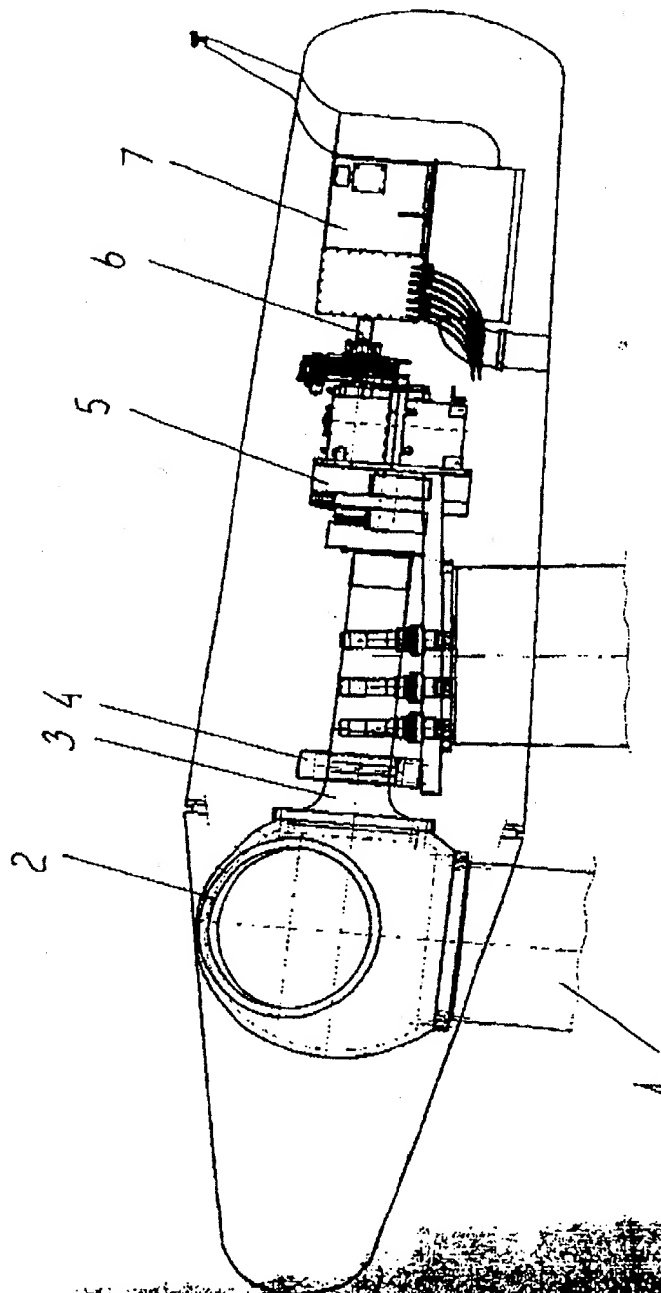
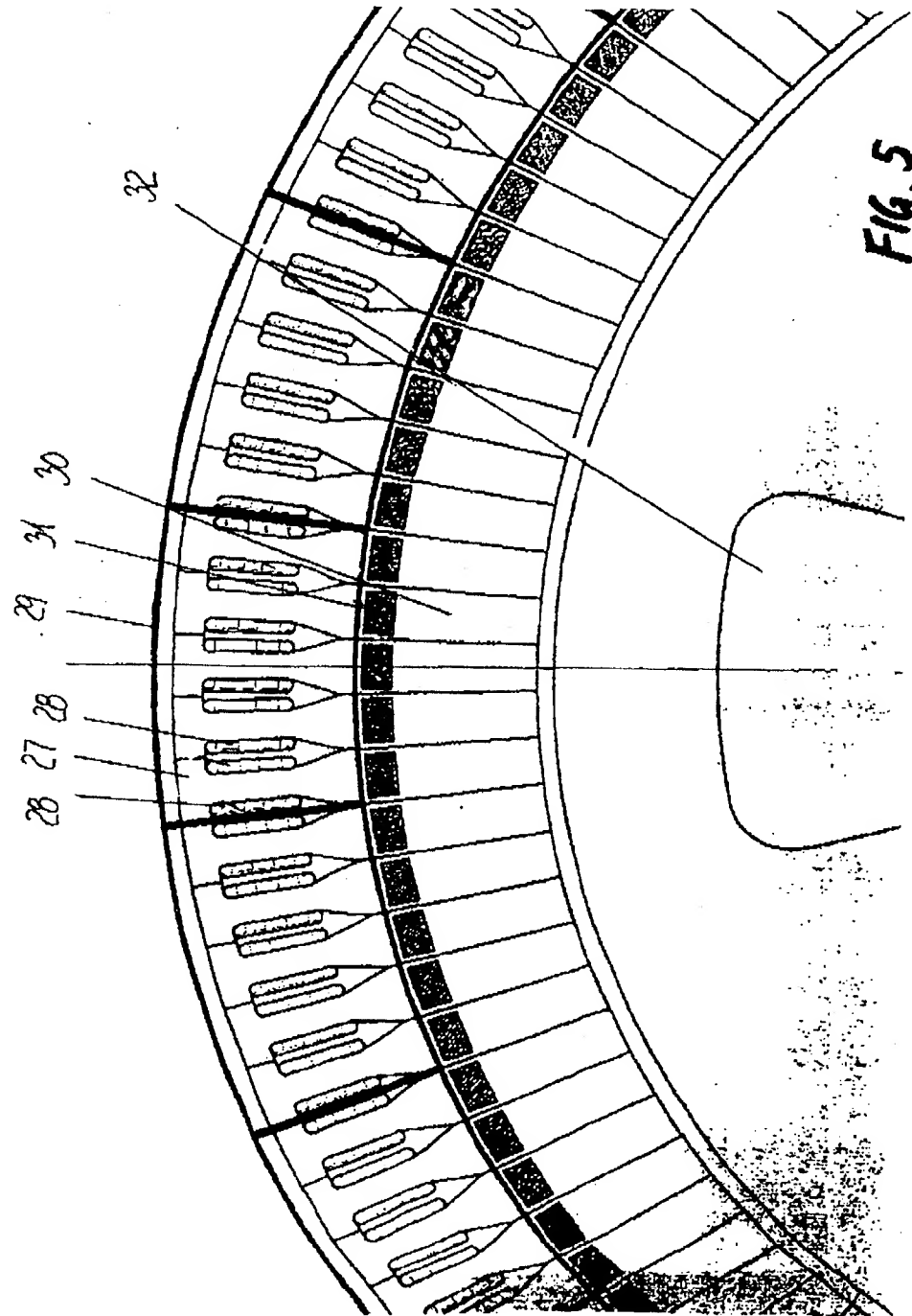


FIG. 1



Modtaget PD

31 MRS. 1993

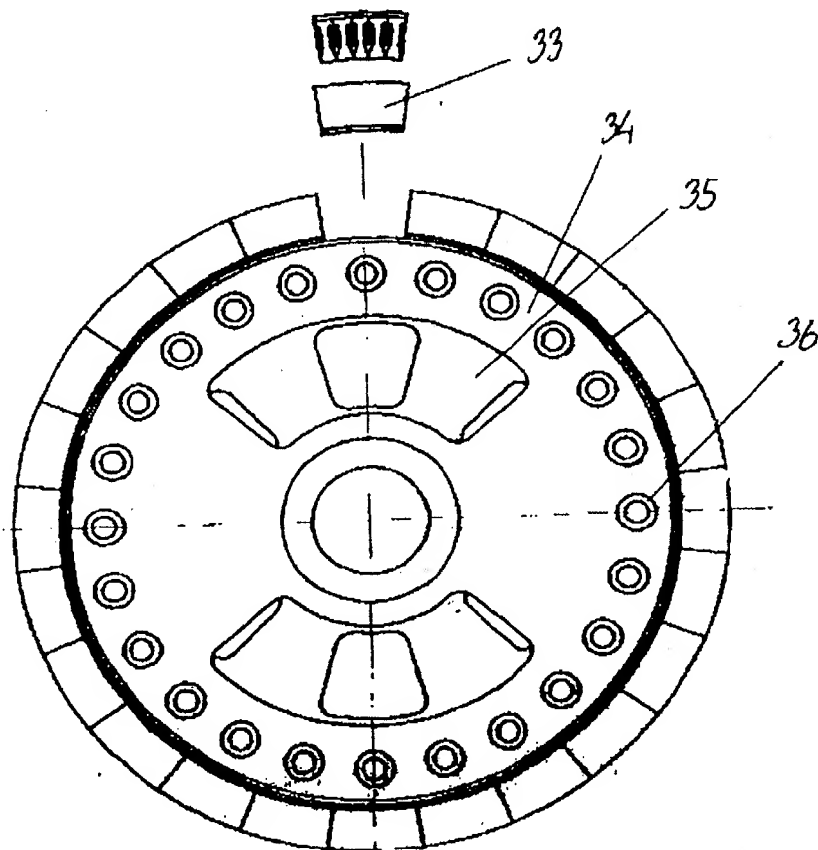


FIG. 6

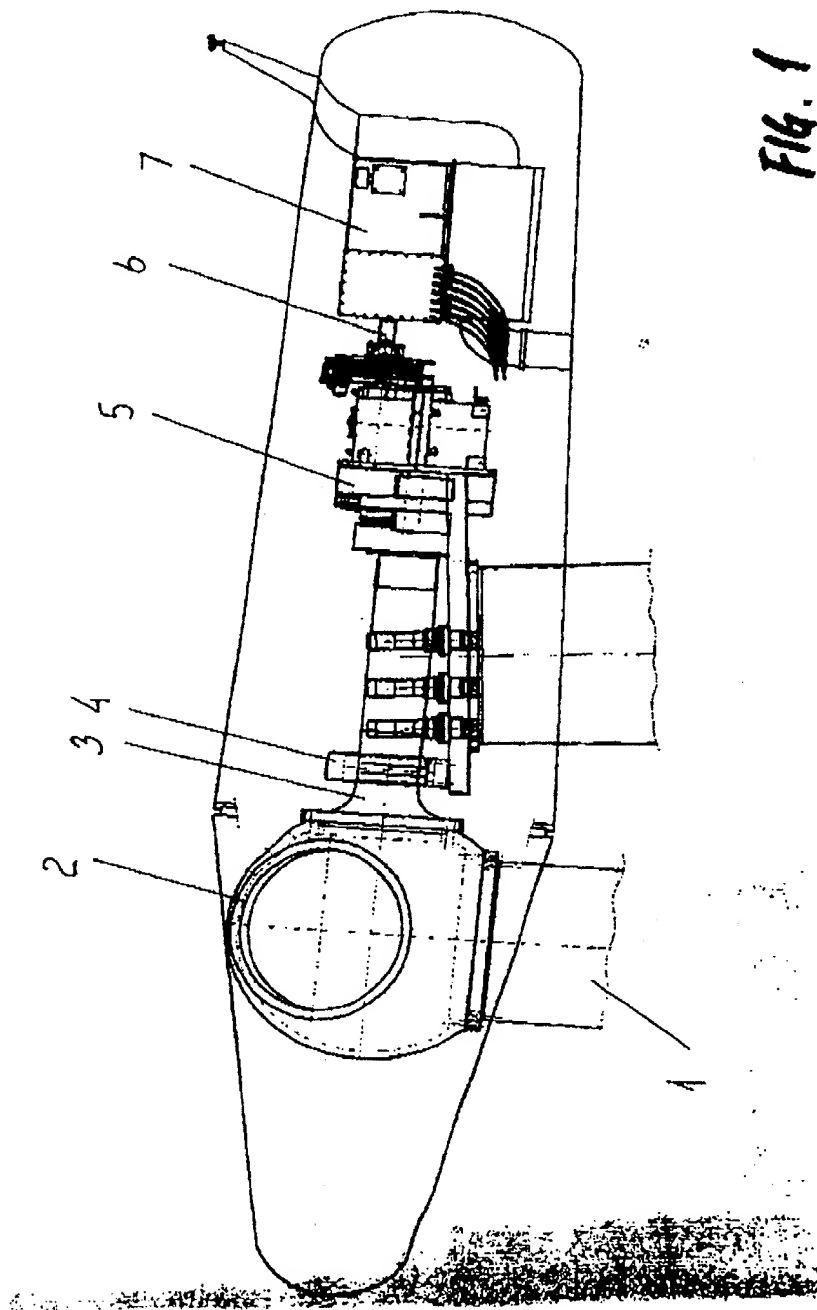
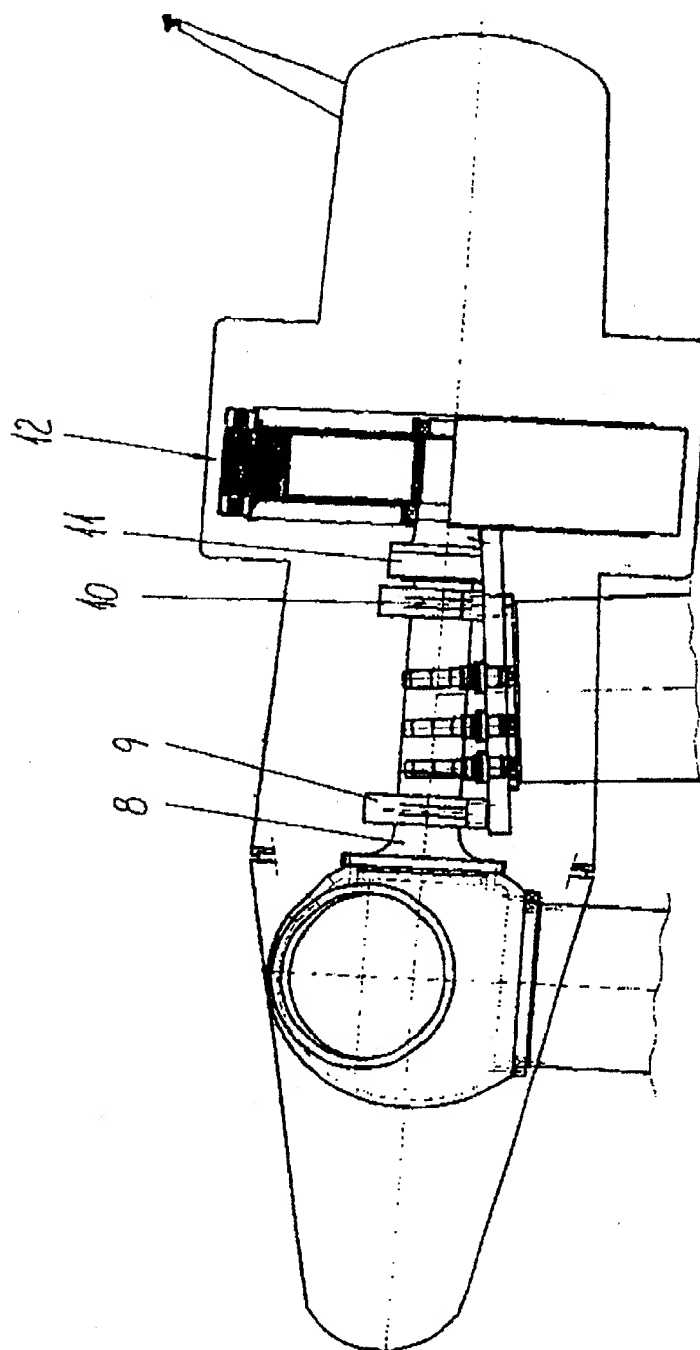


Fig. 1

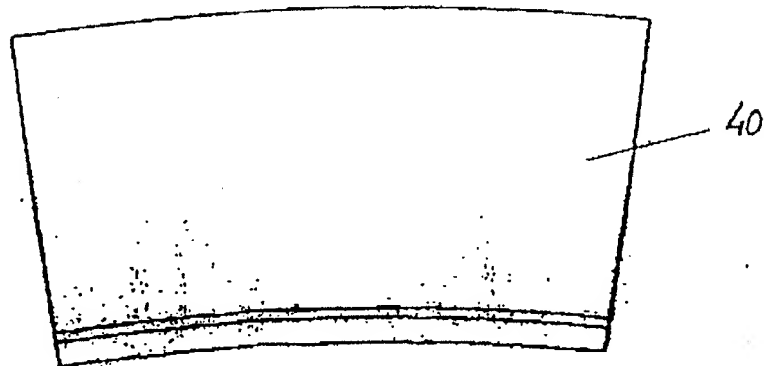
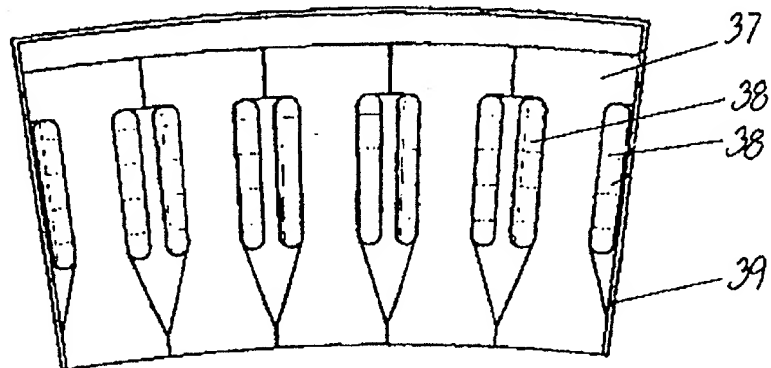


Modtaget PD  
31 MRS. 1999

FIG. 2

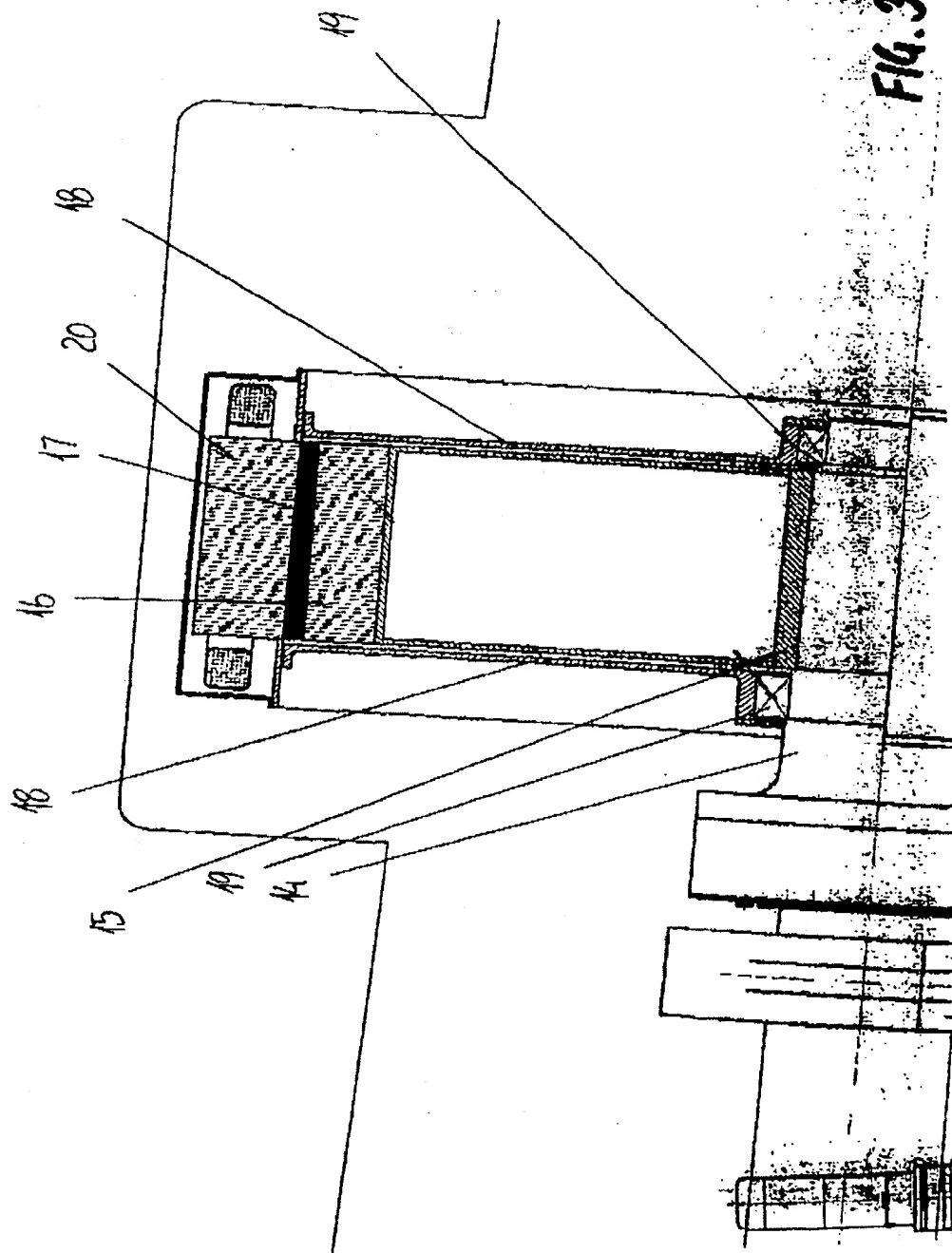


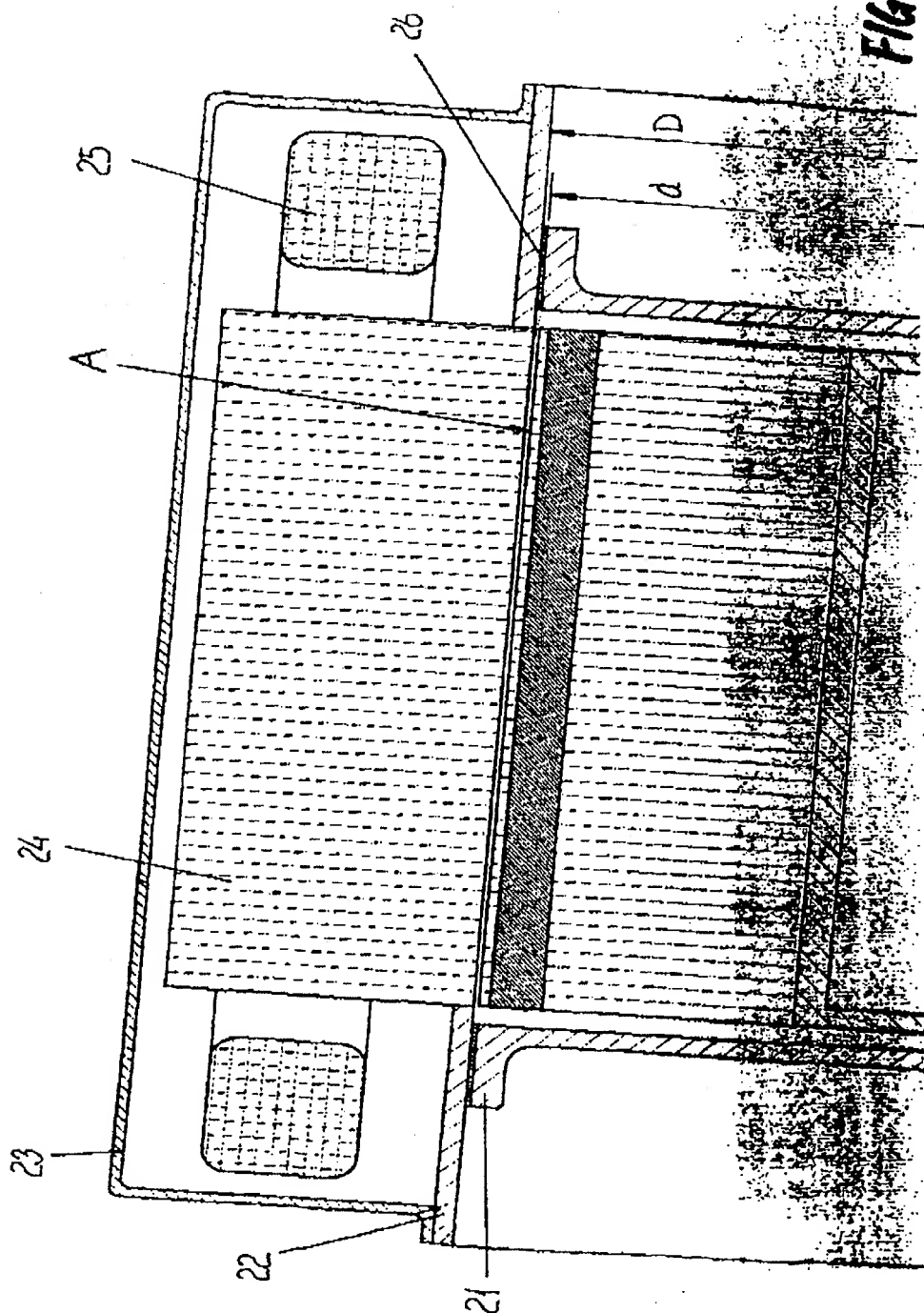
Modtaget PD  
31 MRS. 1999



**FIG. 7**

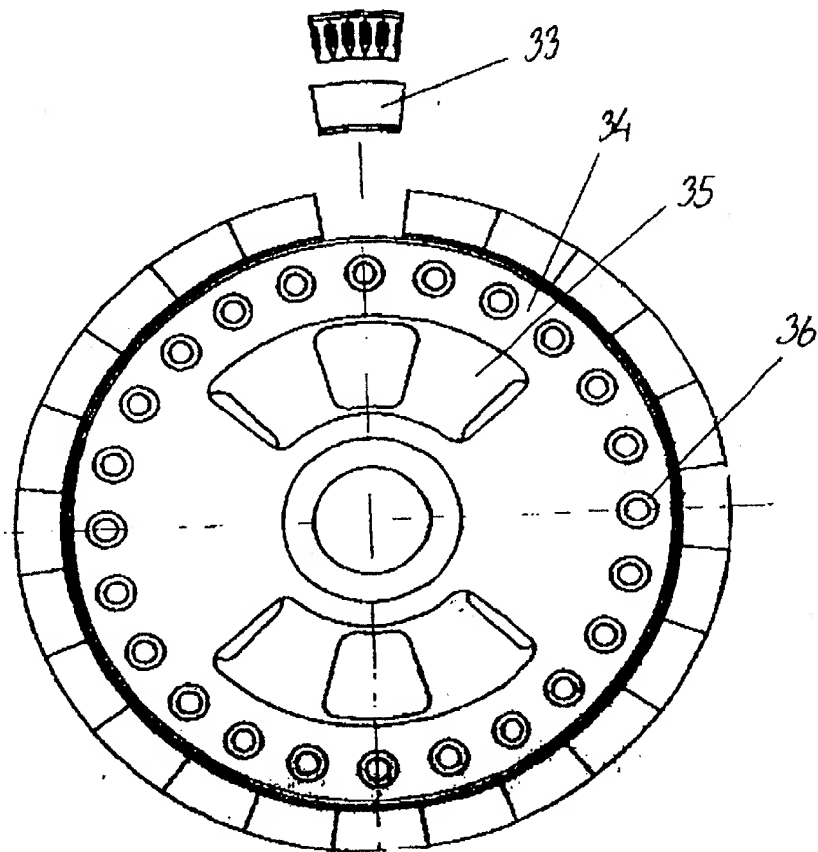
Modtaget PD  
31 MRS. 1999





Modtaget PD

31 MRS. 1939

**FIG. 6**

31 MRS. 1999

